

I fenomeni d'instabilità nell'evoluzione della costa alta delle Cinque Terre (Liguria Orientale)

Andrea Cevasco

Dipartimento per lo studio del Territorio e delle sue Risorse, Università di Genova,
Corso Europa, 26 - 16132 Genova. E-mail: cevasco@dipteris.unige.it

Riassunto

Lo studio interessa la fascia costiera delle Cinque Terre, compresa fra i borghi di Monterosso e Riomaggiore, ubicata all'estremità orientale dell'Arco ligure. Il litorale, impostato in prevalenza su rocce flischoidi appartenenti al Macigno (Falda Toscana) e, in parte, su formazioni a dominante pelitica (Complesso Subligure di Canetolo), presenta su vasta scala un andamento lineare ed è costituito da ripidi tratti a costa alta interrotti, localmente, da spiagge di ridotta estensione. L'area, per i numerosi valori paesaggistici, ambientali nonché storici e culturali, ricade interamente, dal 1999, all'interno dei confini del Parco Nazionale delle Cinque Terre. Lungo la costa l'elemento di maggiore continuità e ricorrenza è costituito dalla franosità che, oltre a imprimere caratteri assai peculiari al paesaggio, ha condizionato in maniera evidente l'utilizzo del suolo fin dall'antichità. L'origine dei fenomeni gravitativi è ricollegabile direttamente a fattori naturali, fra i quali l'elevata acclività, il peculiare assetto strutturale e tettonico, la presenza di formazioni geologicamente eterogenee e strutturalmente complesse, l'esposizione all'erosione operata dal moto ondoso; ad essi si sono sovrapposti, nell'ultimo millennio, gli effetti di una marcata antropizzazione che, dapprima attraverso il terrazzamento e, successivamente, con la costruzione di numerose opere di difesa e di consolidamento, ha modificato, in molti casi, i naturali dinamismi evolutivi dell'area.

In tale contesto, all'interno del quale va assumendo sempre maggiore rilievo l'importanza delle attività connesse al turismo, risulta indispensabile garantire il controllo dei fenomeni in atto ed attuare interventi che consentano di prevenire lo sviluppo di nuove condizioni di rischio.

Parole chiave: frane costiere, coste alte, difese a mare, evoluzione dei litorali, lineamenti tettonici, morfologia costiera, Parco Nazionale delle Cinque Terre.

Abstract

The Cinque Terre coastline between Monterosso and Riomaggiore, at the easternmost end of the Ligurian arc, has been studied to provide an updated picture of the interaction between instability phenomena, the structural situation and defence works. The littoral, which lies mainly on flysch belonging to the Macigno (Tuscan Nappe) and partly on pelitic formations (Canetolo Sub-Ligurian Complex) has a linear trend of vast scale and consists of tracts of steep cliffs interrupted, locally, by beaches of reduced dimensions. Due to its scenic, environmental, historical and cultural importance, the entire area was incorporated in the Cinque Terre National Park in 1999. The most commonly occurring characteristic of the area is its instability phenomena, which has given the area not only its particular scenic beauty but has also strongly influenced the way its soil has been utilised since antiquity. Its gravitative phenomena can be directly linked to natural causes, such as the area's high acclivity, the peculiar structural and tectonic situation, the presence of heterogeneous and structurally complex geological formations, the exposure to wave erosion. The instability of the cliffs of Cinque Terre has been influenced by marked anthropisation over the last millennium, firstly in the form of terracing and, successively, by the construction of numerous defen-

ce and consolidation works that have, in many cases, modified the natural evolutive dynamism of the area. Given the economic importance of tourism in the area it is imperative to control the phenomena actually occurring there and to take action to stop the development of further risky conditions.

Keywords: *coastal landslides, high rocky coasts, defence works, littoral evolution, tectonic lines, coastal morphology, Cinque Terre National Park.*

Premessa

Le coste alte rappresentano forme del paesaggio assai varie e mutevoli nel tempo. La loro evoluzione, che può avvenire con velocità differenti, dipende dalle complesse interazioni fra diversi elementi che possono intervenire sia a scala regionale e/o globale, quali la tettonica, l'eustatismo ed il clima, sia a scala locale, quali, ad esempio, le attività antropiche.

L'evoluzione di una costa alta, che spesso determina condizioni di instabilità, può essere considerata l'insieme delle trasformazioni che essa subisce ricercando una condizione in equilibrio con le condizioni globali e locali al contorno ma poiché dagli elementi sopra evidenziati derivano condizioni che variano nel tempo tale equilibrio risulta di tipo "dinamico".

Il tratto costiero delle Cinque Terre, caratterizzato dalla presenza di numerosi fenomeni d'instabilità, costituisce un peculiare esempio di quanto sopra esposto essendo, in pratica, interpretabile quale risultato della risalita eustatica olocenica e del relativo alto livello di stazionamento. Poiché è plausibile ipotizzare che durante il lungo periodo glaciale l'area emersa avesse raggiunto condizioni di relativo equilibrio e stabilità, l'arretramento costiero verificatosi negli ultimi 2.000 - 4.000 anni, che ha profondamente modificato la precedente morfologia, rappresenta, con buona probabilità, la principale causa dell'attuale instabilità della costa in oggetto. Un'accurata ricostruzione dell'evoluzione quaternaria del tratto costiero in oggetto non dovrebbe, inoltre, prescindere dalle valutazioni in merito al sollevamento dell'area, unitamente a quelle inerenti le oscillazioni eustatiche. Tuttavia, in questa sede, ci si concentrerà maggiormente sull'analisi dei meccanismi dell'attuale evoluzione dei fenomeni d'instabilità costieri e delle problematiche che derivano dalla loro presenza.

Introduzione

L'importanza della franosità lungo la fascia costiera delle Cinque Terre ha spinto, fin dalla metà dell'800, diversi autori ad avviare studi finalizzati all'approfondimento di tale tematica. Alcuni di essi hanno permesso di ottenere conoscenze di base in merito ad eventi franosi di particolare interesse per i loro risvolti sull'ambiente antropizzato (Guidoni, 1854 e 1902; De Stefanis et al., 1978; Federici et al., 2001), altri hanno affrontato il tema dei rapporti fra dissesti ed opere antropiche, soprattutto in riferimento al recente abbandono dei terrazzamenti costruiti sui versanti (Terranova, 1984, 1987, 1989; De Stefanis et al., 1985; Brandolini e Terranova, 1995). Con questo lavoro, tralasciando volutamente quest'ultimo aspetto, già ampiamente dibattuto in altri lavori, si intende fornire un quadro generale, aggiornato, delle differenti tipologie di fenomeni d'instabilità che interessano il tratto costiero delle Cinque Terre e dei loro rapporti con le condizioni geologico-strutturali, le principali opere di difesa a mare e l'erosione operata dal moto ondoso.

Lo studio è stato condotto attraverso l'effettuazione di rilievi geologici e geomorfologici da terra e da mare per la definizione delle tipologie di instabilità e dello stato di attività dei fenomeni, l'interpretazione di riprese aeree per l'individuazione dei principali lineamenti tettonici, la realizzazione di rilievi geo-strutturali per la definizione dello stato di fratturazione degli ammassi rocciosi. A tale riguardo lungo la fascia costiera sono state effettuate 15 stazioni di rilievo strutturale che hanno permesso di acquisire dati relativi a 519 discontinuità, successivamente elaborate per mezzo di *rose diagrams*. I dati acquisiti sono stati utilizzati per l'elaborazione di una cartografia originale dei fenomeni d'instabilità dell'area a scala 1:10.000 modificando lo schema metodologico adottato in Cevasco et al. (2000). La cartografia, che viene qui riportata a scala ridotta, fornisce, oltre al quadro della franosità, delle tipologie (i fenomeni d'instabilità attivi sono stati inseriti nello schema classificativo di Varnes, 1978) e dello stato di attività dei fenomeni, informazioni di carattere geologico-strutturale e tettonico, l'orientazione delle principali discontinuità rilevate alla mesoscala, l'ubicazione (e lo stato di conservazione) delle opere di difesa aderenti alla costa ed indicazioni sulla natura del litorale.

Aspetti geomorfologici

L'area di studio è ubicata all'estremità orientale della costa ligure (Fig. 1). La linea di costa compresa fra i borghi di Monterosso e Riomaggiore si estende per circa 11 km ed è caratterizzata per la maggior parte del suo sviluppo (quasi 8 km) da costa alta alquanto ripida, in alcuni casi verticale.

Le rare spiagge, costituite da depositi ciottolosi e ghiaiosi, si estendono per brevi tratti e vengono alimentate, periodicamente, da materiali di frana o dal trasporto solido di brevi corsi d'acqua.

La costa è esposta frontalmente alle mareggiate provenienti dai settori di Libeccio (dominante e regnante) ed ai mari di Scirocco e mezzogiorno, di minore intensità.

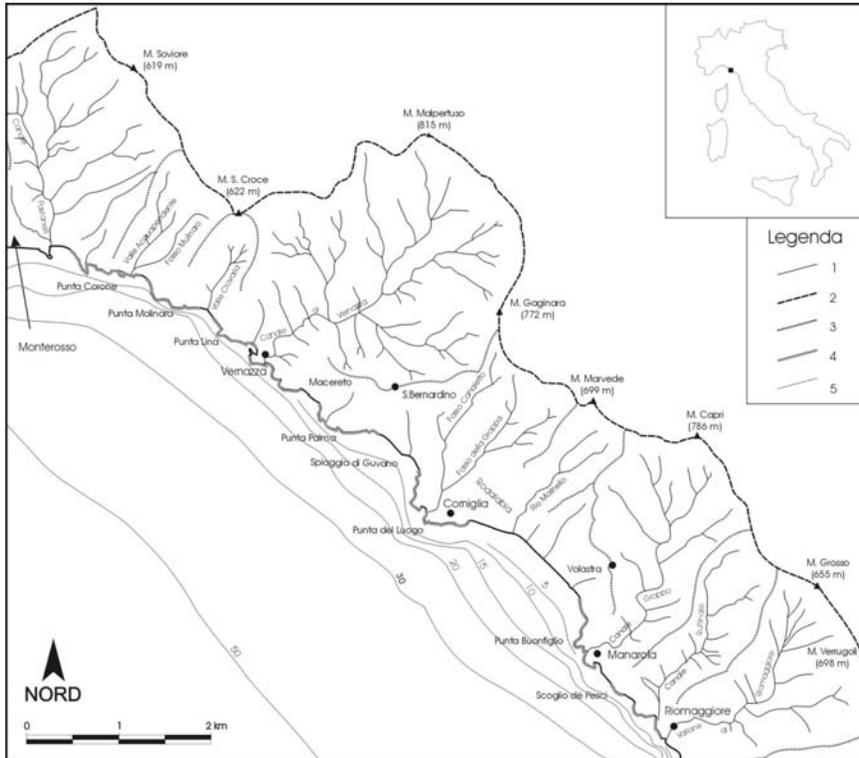


Figura 1 - Ubicazione dell'area di studio e topografia semplificata del settore costiero delle Cinque Terre. Legenda: 1: corsi d'acqua; 2: spartiacque principale; 3: spartiacque secondari; 4: litorale roccioso; 5: isobate.

I principali elementi morfologici (linea di costa, spartiacque principali e secondari, corsi d'acqua) risultano influenzati, per gran parte, dall'assetto tettonico ed in particolare dalla presenza di lineamenti in direzione NO - SE, NE - SO e, in subordine, N - S ed E - O (Figg. 1 e 2).

La morfologia costiera è caratterizzata, su ampia scala, da una linearità piuttosto evidente legata alla presenza di direttrici "appenniniche" che, a partire dal Pliocene e manifestando attività anche durante il Quaternario, hanno determinato lo sprofondamento del margine continentale (Fanucci e Nosengo, 1977; Federici e Raggi, 1979; Federici, 1980; AA.VV., 1983; Corradi et al., 1984; Raggi, 1985; Servizio Geologico d'Italia, 2003; Fig. 2).

Lo spartiacque principale che delimita l'area delle Cinque Terre dalla Valle del T. Vara, costituito da un allineamento di rilievi che superano, in diversi casi, la quota di 600 m e culminano con la cima di M. Malpertuso (815 m), è disposto parallelamente alla linea di costa e si mantiene, in genere, a breve distanza da essa. Verso mare si dipartono diversi crinali secondari che, con andamento tendenzialmente ortogonale alla linea di costa, delimitano bacini di varia estensione (fino a 7 kmq nel caso del Canale di Vernazza). Essi presentano profili fortemente irregolari che testimoniano un'evoluzione tormentata, legata, soprattutto, agli effetti della tettonica post-pleistocenica e delle variazioni glacio-eustatiche quaternarie.

Le pendenze medie dei versanti a mare risultano, quasi ovunque, superiori al 40%; le aree pianeggianti, di estensione modesta, costituiscono rare eccezioni e si osservano esclusivamente in corrispondenza di relitti di terrazzi marini, presenti a quote differenti lungo i crinali secondari, o del piede di accumuli di frane antiche.

I corsi d'acqua sono generalmente brevi e frequentemente impostati lungo le direttrici tettoniche orientate NE

- SO. Essi presentano notevoli capacità di trasporto e di erosione a causa del regime torrentizio e delle elevate pendenze che li contraddistinguono.

La larga diffusione dei fenomeni di instabilità e la presenza di vallette pensili rispetto all'attuale livello marino mettono in evidenza il carattere evolutivo assai recente della costa delle Cinque Terre.

Un'altra caratteristica assai evidente di questo territorio è rappresentata dalla sovrapposizione dell'ambiente antropizzato sull'ambiente "fisico" che si manifesta, prevalentemente, con la presenza dei noti terrazzamenti dei versanti, spesso realizzati su frane antiche e da tempo in stato di parziale abbandono.

Aspetti geologici

La costa delle Cinque Terre è caratterizzata dall'affioramento di litotipi riconducibili alla Falda Toscana cui si trovano sovrapposti terreni ascritti, in letteratura, alle Unità tettoniche di Marra e di Canetolo (Abbate, 1969; Servizio Geologico d'Italia, 2003; Fig. 2). Sotto il profilo strutturale quest'area, che rappresenta un settore molto interno dell'Appennino ligure, è parzialmente coinvolta in un'ampia antiforme coricata a vergenza tirrenica, denominata "Piega della Spezia" (Giammarino e Giglia, 1990). La piega si estende per circa 25 km dalle isole Palmaria, Tino e Tinetto, ultime propaggini verso mare del promontorio occidentale del Golfo della Spezia, fino ai dintorni di Carrodano, nell'entroterra di Levante (non visibili nelle Figg. 1 e 2). La direzione dell'asse dell'anticlinale risulta, mediamente, N150° e l'intera struttura mostra una debole immersione assiale verso NO; la superficie assiale è suborizzontale.

La Piega della Spezia è delimitata, verso SO, da sistemi paralleli di faglie dirette orientate circa NO - SE (123°÷137°), individuate per mezzo di profili sismici a mare, responsabili dello sprofondamento del margine continentale (Corradi et al., 1984; Raggi, 1985; Servizio Geologico d'Italia, 2003). Esse formano, a mare, strutture ad horst e graben in cui le depressioni risultano completamente colmate da sedimenti plio-quadernari derivanti da fasi alterne in cui, a momenti di aggradazione e/o progradazione sono seguiti periodi di erosione in corrispondenza di regressioni glacioeustatiche.

Nei terreni della Falda Toscana sono stati riconosciuti due ben distinti eventi deformativi (Giammarino e Giglia, 1990): un primo evento, assimilabile ad uno sforzo di taglio dovuto ad una coppia destra diretta dall'interno verso l'esterno della catena appenninica, che ha prodotto un clivaggio particolarmente penetrativo ben visibile nei lito-

tipi pelitici della sequenza, ed un secondo evento, ritenuto responsabile del piegamento, retrovergente, della serie toscana nell'areale spezzino, cui è associato un clivaggio meno pervasivo che, negli intervalli meno competenti, si manifesta come clivaggio di crenulazione e presenta andamento convergente verso il nucleo della piega.

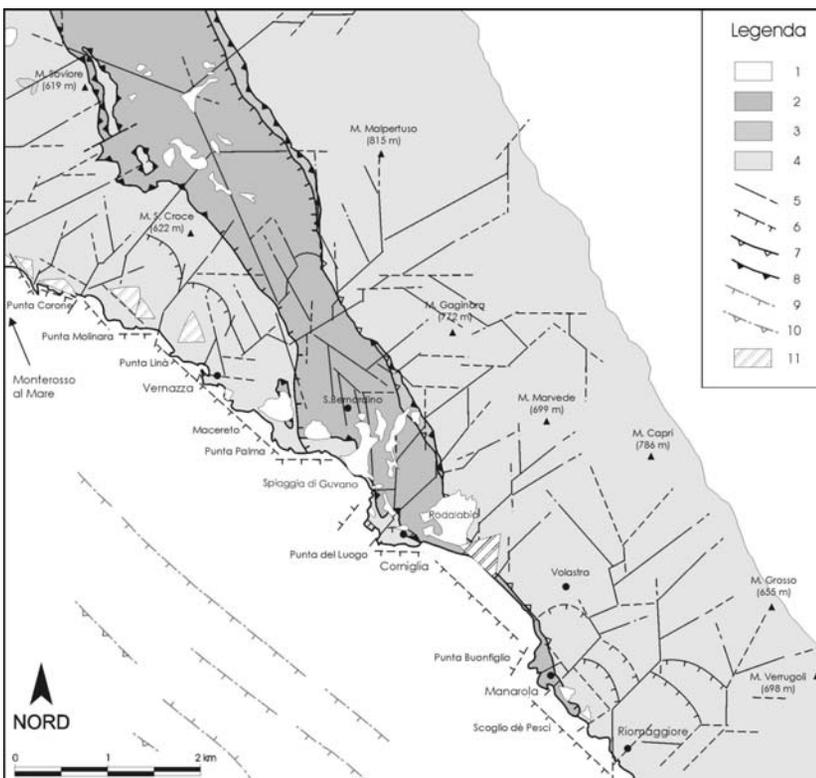


Figura 2 - Schema geologico e tettonico del settore costiero delle Cinque Terre (da Servizio Geologico d'Italia, 2003, semplificato e modificato). Legenda: 1: depositi quaternari; 2: Unità tettonica di Canetolo; 3: Unità tettonica di Marra; 4: Falda Toscana (Macigno); 5: linee tettoniche; 6: faglie dirette; 7: faglie inverse; 8: sovrascorrimenti; 9: faglie dirette sepolte che interessano la copertura pleistocenica; 10: faglie inverse sepolte che interessano la copertura pleistocenica; 11: faccette triangolari.

Procedendo lungo la costa da Riomaggiore verso Monterosso (Fig. 2) si rinviene, dapprima, la formazione sommitale della Falda Toscana, rappresentata dal Macigno (Oligocene sup.) costituito da una potente successione torbiditica di strati di vario spessore di arenarie quarzose feldspatiche da fini a grossolane alternate a sottili livelli di siltiti argillose. Ben rappresentata, all'interno della formazione è la caratteristica litofacies delle Arenarie Zonate, costituita da arenarie torbiditiche fini e siltiti grigio-scure in strati di spessore fino a 20 cm. La struttura, nel tratto costiero a NO di Riomaggiore, è caratterizzata dalla presenza di un'ampia piega ("parassita" della Piega della Spezia) con asse orientato, mediamente, N145° e piano assiale suborizzontale. A SE di Manarola compaiono le Argille e Calcari di Canetolo (Paleogene) costituite, dapprima, da olistoliti argillitici con frammenti calcarei e, successivamente, da marne siltose e siltiti grigie cui seguono, per un breve tratto a Ovest del borgo e in corrispondenza di Punta Buonfiglio, arenarie fini con intercalazioni di siltiti argillose ripiegate secondo assi N158°, attribuite alle Arenarie di Ponte Bratica (Servizio Geologico d'Italia, 2003). Procedendo verso Corniglia si rinvengono ancora le Argille e Calcari di Canetolo rappresentate, a NO di Punta Buonfiglio, da litotipi siltosi e, alla base del versante retrostante lo "Spiaggione di Corniglia", da argilliti grigio-scure con lenti calcaree. Queste ultime si estendono lungo una fascia orientata in direzione NNO - SSE compresa fra i terreni del Macigno e, verso NO, si rinvengono in posizione gradualmente più arretrata rispetto alla linea di costa. Da Punta del Luogo fino a Monterosso riprendono arenarie fini e siltiti ripiegate secondo assi orientati mediamente N160° attribuite alle Arenarie Zonate (Servizio Geologico d'Italia, 2003).

Fenomeni d'instabilità costieri

Tratto Monterosso - Vernazza

Su vasta scala l'orientazione della linea di costa, pari mediamente a N120°, risulta influenzata dai sistemi di faglie plio-pleistoceniche riscontrati a mare, la cui direzione varia, nell'area antistante la zona in esame, fra N123° e N135° (Servizio Geologico d'Italia, 2003).

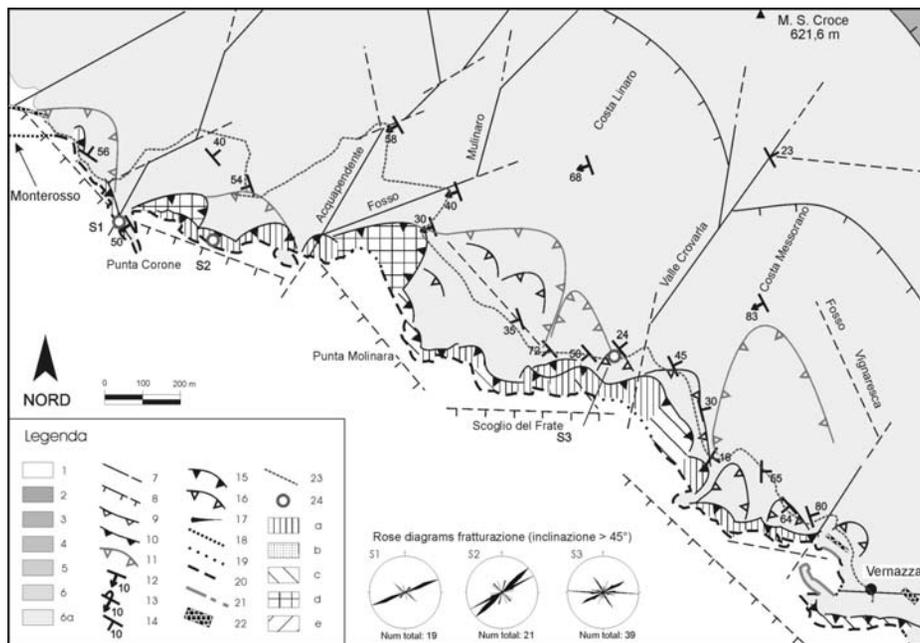


Figura 3 - Carta dei fenomeni d'instabilità costieri delle Cinque Terre fra Monterosso e Vernazza .
 Legenda: 1: depositi quaternari; 2: Arenarie di Ponte Bratica; 3: Calcari di Gruppo del Vesco; 4: Argille e Calcari di Canetolo; 5: Marne del Torrente Pignone; 6: Macigno; 6a: litofacies delle Arenarie Zonate; 7: lineamenti tettonici; 8: faglie dirette; 9: faglie inverse; 10: sovrascorrimenti; 11: limiti di faccette triangolari; 12: strati diritti; 13: strati rovesciati; 14: strati a polarità incerta; 15: cigli attivi; 16 cigli quiescenti; 17: direzione dei movimenti; 18: litorale sabbioso; 19: litorale ciottoloso o a blocchi; 20: litorale roccioso; 21: difese aderenti in buono/pessimo stato; 22: rilevato ferroviario; 23: sentiero di collegamento dei borghi delle 5 Terre; 24: stazione di rilievo strutturale. Classificazione frane (da Varnes, 1978) - In roccia: a: crollo; b: ribaltamento; c: scivolamento traslazionale; d: complessa. In detrito: e: colata. (La legenda è comune a tutte le carte dei fenomeni d'instabilità costieri).

Il tratto in questione (Fig. 3), impostato nelle Arenarie Zonate, è contraddistinto da ripide falesie attive che, in alcuni casi, superano l'altezza di 150 m. Esso presenta un'articolazione uniforme, quasi geometrica, determinata dal susseguirsi di tratti rettilinei a differente orientazione che, spesso, coincidono con la base di ampie "faccette triangolari", resti di antiche scarpate di faglia, che troncano verso mare i crinali secondari che, dallo spartiacque principale, degradano verso SO.

Lungo la costa se ne possono distinguere almeno tre tipologie con orientazione differente, rispettivamente pari a $N136^\circ$ (tratto Monterosso - Punta Corone e tratto Valle dell'Acquapendente - Valle Crovarla), $N110^\circ$ (tratto Punta Corone - Valle dell'Acquapendente) e $N95^\circ$ (tratto Scoglio del Frate - Valle Crovarla). I punti di raccordo coincidono, spesso, con lo sbocco a mare di ripide ed incassate vallecole impostate lungo lineamenti tettonici ortogonali alla linea di costa. I fenomeni di instabilità attualmente in attività costituiscono, in molti casi, l'espressione dell'erosione di tali superfici da parte del moto ondoso. Un esempio di tale condizione è mostrato in Figura 4 e si riferisce al tratto di costa compreso fra Punta Corone e la Valle dell'Acquapendente: la "faccetta triangolare", oggi parzialmente rivegetata, è interessata alle estremità orientale ed occidentale da riattivazioni i cui cigli di distacco raggiungono la quota di 100 m.



Figura 4 - Tratto costiero compreso fra Punta Corone e Valle dell'Acquapendente.



Figura 5 - Fenomeni di crollo nel tratto compreso fra Scoglio del Frate e Valle Crovarla. Alla base della falesia sono visibili alcune grotte di interstrato.



Figura 6 - Scivolamenti traslazionali fra Valle Crovarla e Punta Linà in corrispondenza della zona di cerniera di una piega con asse circa parallelo alla linea di costa (direzione NNO - SSE).

L'assetto strutturale, caratterizzato da pieghe con assi NNO - SSE, la giacitura delle superfici di stratificazione, che immergono in prevalenza verso NE e SO, la fratturazione alla mesoscala dell'ammasso roccioso (Fig. 3, stazioni S1, S2, S3), riassumibile nella presenza di giunti ad elevata inclinazione in direzione NE - SO (N47°), ENE - OSO (N62°), E - O (N92°), e NNO - SSE (N147°) ed i loro rapporti con l'orientazione dei pendii a mare determinano la tipologia dei fenomeni d'instabilità. Essi sono rappresentati, in prevalenza, da crolli nei tratti orientati E - O (Fig. 5) e da scivolamenti traslazionali, lungo i giunti di stratificazione, di blocchi svincolati dai sistemi di fratture nei tratti ad andamento NO - SE (Fig. 6).

Non mancano nicchie di svuotamento da ricondursi a fenomeni complessi in stato di attività. Gli effetti dell'azione erosiva del moto ondoso si risentono con maggiore efficacia allo sbocco a mare dei torrenti, impostati lungo linee di minor resistenza e, in rapporto all'assetto strutturale, soprattutto nei tratti orientati E - O. Qui, infatti, le agitazioni ondose, agendo parallelamente alla direzione degli strati, tendono a scalzare i livelli più fini delle Arenarie Zonate dando origine, talvolta, a grotte di interstrato che possono evolvere per successivi crolli (zona a Ovest della Valle dell'Acquapendente e ad Est dello Scoglio del Frate).

Tratto Vernazza - Corniglia

La linea di costa (Fig. 7) si sviluppa, mediamente, in direzione N130° ma si presenta alquanto frastagliata in una serie di piccoli promontori ed insenature, talvolta ampie, ubicate in corrispondenza delle principali nicchie di svuotamento (frana di Macereto) o di solchi vallivi di probabile origine tettonica (Vallone di Guvano).

Il tratto costiero, impostato nelle Arenarie Zonate in contatto tettonico con le Argille e Calcari di Canetolo è costituito, ad eccezione della Spiaggia di Guvano, da costa alta. L'area ha subito, in periodi differenti, varie modificazioni antropiche dapprima attraverso il terrazzamento dei versanti retrostanti le falesie e, dalla seconda metà dell'800, con la costruzione della linea ferroviaria Genova - Roma, e relative opere di difesa, che ha attraversato il piede dei principali accumuli di frana.

L'andamento della linea di costa risulta influenzato dalla presenza di linee tettoniche in direzione NO - SE, E - O e NNE - SSO (Servizio Geologico d'Italia, 2003). In questo tratto è, tuttavia, evidente anche il modellamento ad opera dei fenomeni gravitativi, testimoniati dalla presenza di estesi accumuli detritici e di ampie nicchie di svuotamento, i cui cigli di distacco risultano, allo stato attuale, prevalentemente quiescenti. I principali fenomeni franosi, procedendo da NO verso SE, sono rappresentati dalla frana di Vernazza (Terranova, 1984 e 1987), dalla paleofrana di Macereto (Terranova, 1984 e 1987) e dalla frana di Guvano, nota in bibliografia da oltre un secolo (Guidoni, 1854 e 1902; Zolfanelli e Santini, 1874; Direzione Tecnica Governativa, 1880; De Stefanis et al., 1978; Terranova, 1984 e 1987; De Stefanis et al., 1985; Federici et al., 2001).

La frana di Vernazza, ubicata a Est dell'abitato omonimo consiste in scivolamenti planari lungo i giunti di stratificazione, inclinati verso mare di 25°, di blocchi svincolati da sistemi di fratture in direzione N - S (N3°), ENE - OSO (N62°), E - O (N92°) e NO - SE (N137°) (Fig. 7, stazione S4) ad elevata persistenza, innescatosi nella litofacies delle Arenarie Zonate. L'accumulo, che giunge alla base del versante, è costituito da un conoide di blocchi rocciosi che, attualmente, ne protegge il piede dall'erosione marina (Fig. 8). Poiché la zona sottostante il ciglio di distacco è attraversata dal sentiero escursionistico di collegamento fra i borghi delle Cinque Terre, assai frequentato, al fine di garantirne la fruibilità in condizioni di sicurezza si è resa necessaria, da diversi anni, la realizzazione di interventi di difesa attivi e passivi (chiodature e reti di protezione).

La paleofrana di Macereto, ubicata a Est della precedente ed anch'essa attraversata dal sentiero escursionistico delle Cinque Terre, è stata definita da Terranova (1984) "una delle più belle nicchie di svuotamento di tutto il territorio" (delle Cinque Terre). Le dimensioni della nicchia sono ragguardevoli (500 m in larghezza, 300 m in altezza) ed al suo interno è ancora presente parte dell'accumulo, anticamente terrazzato (Fig. 9a) ed attualmente in stato di quasi completo abbandono (Fig. 9b).

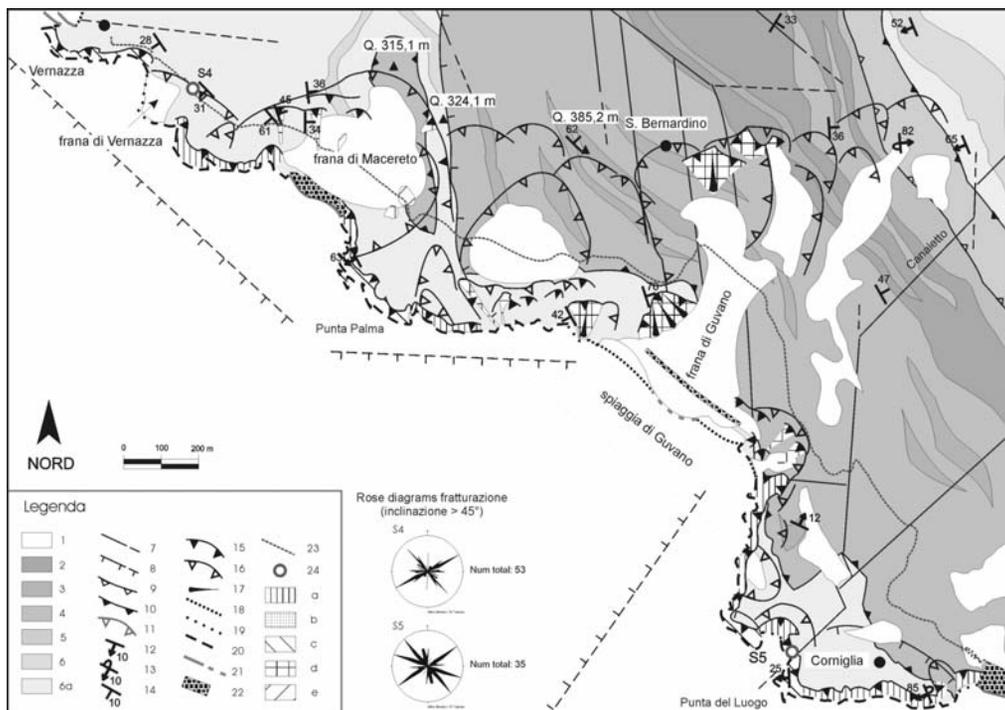


Figura 7 - Carta dei fenomeni d'instabilità costieri delle Cinque Terre fra Vernazza e Corniglia.

Legenda: 1: depositi quaternari; 2: Arenarie di Ponte Bratica; 3: Calcari di Groppo del Vesovo; 4: Argille e Calcari di Canetolo; 5: Marne del Torrente Pignone; 6: Macigno; 6a: litofacies delle Arenarie Zonate; 7: lineamenti tettonici; 8: faglie dirette; 9: faglie inverse; 10: sovrascorrimenti; 11: limiti di faccette triangolari; 12: strati diritti; 13: strati rovesciati; 14: strati a polarità incerta; 15: cigli attivi; 16 cigli quiescenti; 17: direzione dei movimenti; 18: litorale sabbioso; 19: litorale ciottoloso o a blocchi; 20: litorale roccioso; 21: difese aderenti in buono / pessimo stato; 22: rilevato ferroviario; 23: sentiero di collegamento dei borghi delle 5 Terre; 24: stazione di rilievo strutturale. Classificazione frane (da Varnes, 1978) - In roccia: a: crollo; b: ribaltamento; c: scivolamento traslazionale; d: complessa. In detrito: e: colata. (La legenda è comune a tutte le carte dei fenomeni d'instabilità costieri).



Figura 8 - Frana di Vernazza: scivolamento di blocchi svincolati da fratture ad elevata persistenza lungo i giunti di stratificazione.

Dalla seconda metà dell'800 il piede dell'accumulo, sede della linea ferroviaria Genova - Roma, è contenuto e protetto dall'erosione marina. Alcune indicazioni sull'evoluzione recente (fra il 1970 e il 2000) del versante possono essere dedotte dal confronto fra i fotogrammi riportati nelle Figure 9a e 9b. Se da un lato l'immagine del 2000 evidenzia, rispetto a quella del 1970, un miglioramento della stabilità della coltre in conseguenza dell'aumento della superficie vegetata, dall'altro desta qualche preoccupazione, soprattutto ai fini della salvaguardia del percorso escursionistico, l'evoluzione nel medio e lungo periodo di alcune frane complesse e colate detritiche che interessano, rispettivamente, l'estremità occidentale della nicchia e la zona centrale dell'accumulo.



Figure 9a e 9b - Paleofrana di Macereto: confronto fra le condizioni del versante nel 1970 (foto Nosengo S.) e nel 2000.

La frana di Guvano, ubicata all'interno dell'omonima valle, è il risultato di più eventi complessi (scivolamenti traslazionali evoluti in colate) occorsi in diverse fasi testimoniate da diversi cigli di distacco compresi fra le quote di 350 m (sottostante l'abitato di S. Bernardino) e 450 m (sottostante la località Fornacchi), oggi solo in parte attivi. Ad una prima fase, per la quale mancano riferimenti temporali certi, che coinvolse le Argille e Calcari di Canetolo e, nella zona sommitale, le Arenarie di Ponte Bratica, interessando il settore sinistro del Vallone di Guvano, è seguito un evento più recente, datato al 1853 (Guidoni, 1854 e 1902; Zolfanelli e Santini, 1874), che ha coinvolto esclusivamente le Argille e Calcari di Canetolo nella zona sottostante l'abitato di S. Bernardino, nel settore destro della valle. Riprese del fenomeno nel 1988 hanno provocato notevoli disagi alla viabilità provinciale ed al percorso escursionistico delle Cinque Terre (Federici et al., 2001), che attraversano a quota differenti l'ampio canalone. L'accumulo, di caratteristica forma ad imbuto, si estende fino al mare comprendendo, nella sua parte inferiore, materiali detritici a granulometria varia (Figg. 10a e 10b).



Figure 10a e 10b - Frana di Guvano: confronto fra le condizioni dell'area coinvolta dal movimento nel 1970 (foto Nosengo S.) e nel 2000.



L'area interessata dalla frana è stata, ed è tuttora in alcuni settori, oggetto di numerosi interventi di difesa e di consolidamento. Essi riguardano sia il versante, che nella parte alta è attraversato dalla viabilità provinciale, sia l'accumulo nelle porzioni medie ed inferiori sedi, rispettivamente, del percorso escursionistico di collegamento dei borghi delle Cinque Terre e della ferrovia litorale ottocentesca, oggi abbandonata in questo tratto. Oltre alla realizzazione di interventi volti a garantire condizioni di sicurezza per il transito lungo la viabilità provinciale ed il percorso escursionistico fra Vernazza e Corniglia, pare opportuno un controllo dell'ampio ciglio quiescente che lambisce l'abitato di S. Bernardino e, nella parte mediana ed inferiore dell'accumulo, una valutazione dell'efficacia delle opere di sostegno nonché di difesa a mare, completamente trascurate in seguito all'abbandono della linea ferroviaria, ai fini di un eventuale ripristino.

Lungo la costa rocciosa si riscontrano, nelle Arenarie Zonate, tipologie di instabilità variabili in funzione dei rapporti fra giunti di strato e versanti. Mantenendosi, in pratica, l'assetto strutturale a pieghe con assi NNO - SSE, e risultando in questo tratto, i principali sets di fratture rilevati alla mesoscala, orientati N - S ($N3^\circ - N4^\circ$), ENE - OSO ($N56^\circ - N62^\circ$), E - O ($N86^\circ - N92^\circ$) e NO - SE ($N137^\circ - N139^\circ$) (Fig. 7, stazioni S4 e S5), le tipologie prevalenti sono ancora rappresentate da crolli nei tratti ad orientazione E - O e da scivolamenti traslazionali o crolli nei tratti ad andamento NO - SE in funzione della giacitura, rispettivamente a franapoggio o a reggipoggio, degli strati. Anche in questo caso, per le motivazioni già espresse, l'azione attuale del moto ondoso risulta maggiormente efficace nei tratti orientati E - O.

Tratto Corniglia - Manarola

La costa compresa fra i promontori di Punta del Luogo e Punta Buonfiglio (non visibile interamente in Fig. 11), orientata mediamente N130°, è caratterizzata da un'ampia insenatura entro la quale si trova, alla base di un versante con acclività media pari al 90%, lo "Spiaggione di Corniglia". Nonostante tale insenatura sia impostata interamente su formazioni tendenzialmente erodibili, quali le Argille e Calcari di Canetolo, la sua genesi sembra dover si ricondurre a cause di natura tettonica, ed in particolare alla presenza di sistemi di faglie dirette che, a mare, ripetonono le geometrie della linea di costa (Servizio Geologico d'Italia, 2003).

I fenomeni d'instabilità, in questo tratto, si manifestano con rimarchevole continuità e presentano strette relazioni con l'assetto geologico strutturale e tettonico, le proprietà meccaniche degli ammassi rocciosi, le loro condizioni di fratturazione, l'erosione attualmente operata dal moto ondoso nonché, per quanto riguarda i dinamismi recenti, le attività antropiche. E' possibile distinguere gli ampi cigli quiescenti e gli accumuli, prevalentemente stabilizzati, testimoni di fenomeni antichi ben noti in letteratura (De Stefanis et al., 1978; Terranova, 1984 e 1987), dalle instabilità recenti che interessano sia la costa rocciosa, direttamente esposta alle mareggiate (falesie del promontorio di Punta del Luogo e a Nord di Punta Buonfiglio), sia il versante retrostante lo "Spiaggione di Corniglia" (Terranova, 1984 e 1987, Brandolini e Terranova, 1995).

Procedendo da NO verso SE il Promontorio di Punta del Luogo presenta falesie intagliate nelle Arenarie Zonate, ripiegate secondo assi NNO - SSE, interessate da evoluzioni per crollo sui versanti occidentali e meridionali. Nella zona frontale del promontorio, esposta a SO, la giacitura e lo stato di fratturazione delle arenarie, interessate da sets orientati N - S (N4°), ENE - OSO (N56°), E - O (N86°), ESE - ONO (N108°) e NO - SE (N139°) (Fig. 11, stazione S5), rendono possibili scivolamenti traslazionali lungo i giunti di stratificazione. Il versante meridionale del promontorio, alla sommità del quale si trova l'abitato di Corniglia, è costituito da una falesia attiva di altezza pari a circa 100 m, di probabile origine tettonica, parzialmente protetta, alla base, da una scogliera. In questo caso la vicinanza di alcune abitazioni ai cigli di distacco attivi impone l'attuazione di interventi che consentano di impedirne un ulteriore arretramento.

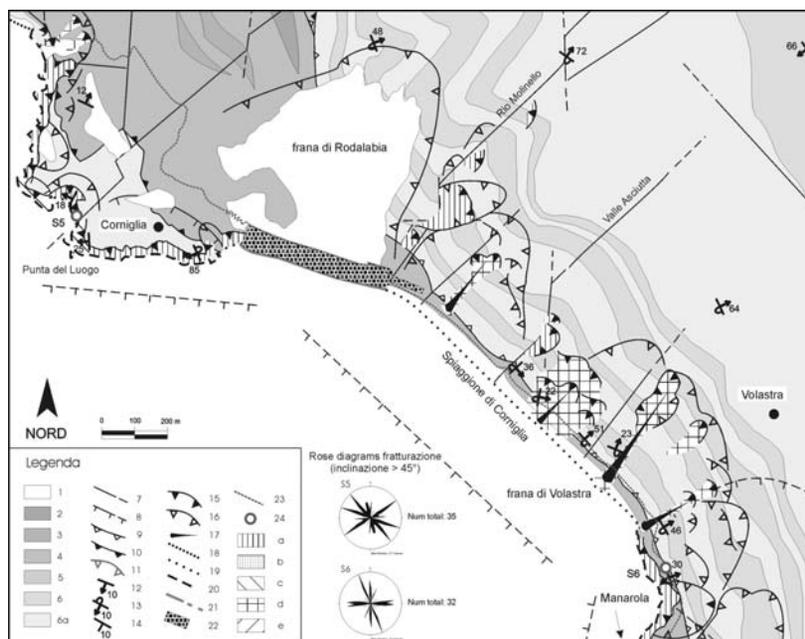


Figura 11 - Carta dei fenomeni d'instabilità costieri delle Cinque Terre fra Corniglia e Manarola. **Legenda:** 1: depositi quaternari; 2: Arenarie di Ponte Bratica; 3: Calcari di Groppo del Vescovo; 4: Argille e Calcari di Canetolo; 5: Marne del Torrente Pignone; 6: Macigno; 6a: litofacies delle Arenarie Zonate; 7: lineamenti tettonici; 8: faglie dirette; 9: faglie inverse; 10: sovrascorrimenti; 11: limiti di faccette triangolari; 12: strati diritti; 13: strati rovesciati; 14: strati a polarità incerta; 15: cigli attivi; 16: cigli quiescenti; 17: direzione dei movimenti; 18: litorale sabbioso; 19: litorale ciottoloso o a blocchi; 20: litorale roccioso; 21: difese aderenti in buono / pessimo stato; 22: rilevato ferroviario; 23: sentiero di collegamento dei borghi delle 5 Terre; 24: stazione di rilievo strutturale. **Classificazione frane** (da Varnes, 1978) - In roccia: a: crollo; b: ribaltamento; c: scivolamento traslazionale; d: complessa. In detrito: e: colata. (La legenda è comune a tutte le carte dei fenomeni d'instabilità costieri).

Lungo il restante tratto costiero la presenza delle Argille e Calcari di Canetolo crea frequenti motivi di squilibrio ed in passato ha rivestito un ruolo di sicura importanza, quale fattore predisponente, nella genesi della paleofrana di Rodalabìa (De Stefanis et al., 1978 e 1985; Terranova, 1984 e 1987), ubicata sul lato occidentale dell'insenatura (Fig. 11). La frana, il cui ciglio presenta una forma largamente parabolica e si estende oltre la quota di 400 m, è impostata quasi interamente nelle Argille e Calcari di Canetolo e coinvolge, nella parte superiore, il Macigno e le Arenarie Zonate. Si tratta di un fenomeno complesso, la cui genesi, secondo De Stefanis et al. (1978), sarebbe da far risalire a periodi in cui il livello marino, relativamente più elevato rispetto alla posizione attuale, rendeva possibile un'azione di scalzamento, favorita dal contatto fra le arenarie e le argilliti, del substrato roccioso, sconnesso in blocchi da sistemi di faglie in direzione NNO - SSE e circa E - O.

Il vasto accumulo, lo spessore del quale, nella parte terminale, è stato valutato nell'ordine di diverse decine di metri (Terranova, 1984), è stato in gran parte asportato dall'azione erosiva del moto ondoso ed in parte terrazzato fin dall'antichità.

Il piede si trova, dalla seconda metà dell'800, contenuto da muraglioni di protezione della ferrovia mentre sul lato a mare sono state realizzate scogliere ed eretti altri muri di difesa dalle mareggiate. Se da una lato tali, poderose, opere hanno permesso di migliorare le condizioni di stabilità dell'ampio corpo di frana, non vi è dubbio che lo "Spiaggione di Corniglia", che in passato traeva alimentazione soprattutto da quest'ultimo, ne abbia subito conseguenze negative (Fig. 12).

In particolare, per il suo mantenimento, non sembrano sufficienti gli apporti delle numerose frane in atto lungo il versante retrostante, compreso fra il Rio Molinello e la radice del promontorio di Punta Buonfiglio. Si tratta, nella maggior parte dei casi, di movimenti in rapida evoluzione, con dinamismi complessi, favoriti dall'abbandono dei terrazzamenti dei quali sono ancora visibili, benché la vegetazione vada ricoprendo rapidamente il versante, numerose tracce. Le frane attuali, in questo caso, possono essere considerate manifestazioni della ripresa, violenta, dell'erosione sulle superfici precedentemente terrazzate.

La Figura 13 evidenzia l'evoluzione di colate detritiche superficiali, impostate lungo linee preferenziali di scorrimento delle acque, che hanno ormai raggiunto, andando ad interessare il bedrock fratturato, dimensioni tali da renderle difficilmente arrestabili.



Figura 12 - "Spiaggione di Corniglia".

Figura 13 - Vista frontale del versante retrostante lo "Spiaggione" di Corniglia e dei fenomeni d'instabilità che lo interessano.



Fra i fenomeni che interessano il versante retrostante lo “Spiaggione di Corniglia” l'esempio più evidente è rappresentato dalla frana di Volastra, il cui ciglio sommitale, attivo, ha raggiunto la quota di 330 m ma vi sono molte altre manifestazioni di instabilità che determinano condizioni di rischio elevato, soprattutto per il sentiero escursionistico che ne attraversa la base. A titolo esemplificativo si riportano alcune immagini riferite ai dissesti seguiti agli eventi piovosi dell'autunno 2000, che coinvolsero un tratto di sentieristica di nuova realizzazione situato al margine sud-orientale dell'insenatura (Figg. 14a e 14b).

Le condizioni di generale dissesto del versante hanno imposto, da tempo, la chiusura dell'intero percorso pedonale compreso fra Corniglia e Manarola in attesa del completamento di numerosi interventi di difesa (reti di protezione, barriere paramassi, chiodature e bullonature) creando notevoli disagi ai frequentatori del Parco delle Cinque Terre. Si evidenzia, tuttavia che l'evoluzione dei dissesti lungo il versante, peraltro già avanzata, potrebbe a lungo termine creare nuove condizioni di rischio rendendo inefficaci gli interventi in via di realizzazione.

Fra il limite SE dell'insenatura e Punta Buonfiglio la costa si ripresenta alta, con falesie di altezza massima pari a circa 50 m nella zona di transizione fra le Argille e Calcari di Canetolo e le Arenarie Zonate, caratterizzata dall'affioramento di litotipi marnosi e calcarenitici fini. Le fratture principali (Fig. 11, stazione S6 e Fig. 15, stazione S7), orientate N - S (N177°), E - O (N82° - N92°), NNO - SSE (N149° - N157°) e, in subordine, ENE - OSO (N53° - N62°), sono causa con una certa frequenza di crolli.

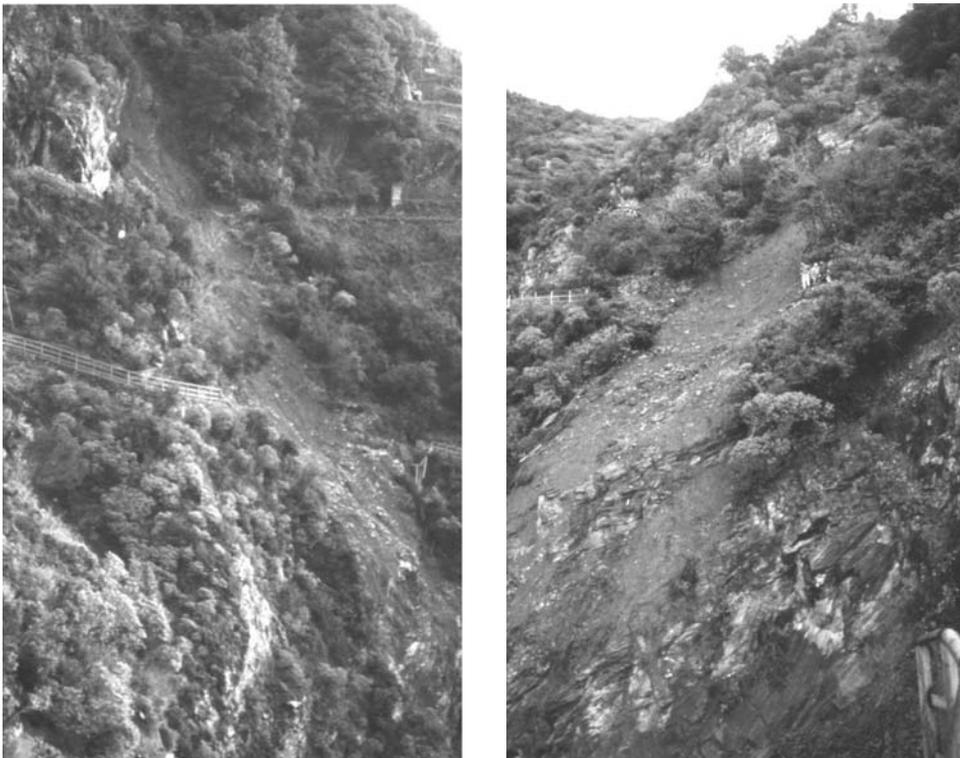


Figure 14a e 14b - Dissesti superficiali a N di Punta Buonfiglio, verificatisi in seguito ad eventi piovosi di forte intensità (autunno 2000), hanno coinvolto un tratto di sentieristica realizzato a fine anni '90.

Tratto Manarola - Riomaggiore

Nonostante la breve lunghezza (di circa 1 km) la costa (Fig. 15), ancora condizionata nelle sue linee generali dalla tettonica, è caratterizzata dalla presenza di nicchie di svuotamento di varia ampiezza (paleofrana di Manarola, frane di Via dell'Amore), che interessano, fino a quote comprese fra 75 m e 250 m, la porzione frontale della Costa di Corniolo.

La zona del litorale è situata in corrispondenza del contatto tettonico, subverticale, fra le Arenarie Zonate e le Argille e Calcari di Canetolo, coinvolte in un'anticlinale coricata a vergenza “tirrenica”, con asse orientato N150°, complicata da pieghe secondarie.

L'ubicazione delle principali frane antiche in corrispondenza del nucleo della piega, evidenzia l'esistenza di relazioni fra fenomeni d'instabilità ed assetto strutturale.

La fascia costiera, sede della ferrovia ottocentesca nonché della ben nota "Via dell'Amore", ha subito, in periodi differenti, profonde modificazioni antropiche. Le più evidenti interessano la paleofrana di Manarola (Terranova, 1984 e 1987) che presenta analogie morfologiche con la frana di Macereto (Fig. 7). Il ciglio raggiunge la quota di 240 m ed essa, anche in questo caso, conserva al centro parte dell'accumulo, anticamente terrazzato. Il piede è mascherato da imponenti opere di difesa della ferrovia ottocentesca, realizzate secondo lo schema ricorrente già visto in altri casi. Le principali cause predisponenti il verificarsi del fenomeno sono da ricercare nel complicato assetto strutturale, contraddistinto dalla presenza di un'ampia piega con asse NNO - SSE, dalla presenza di giunti di fratturazione orientati ENE - OSO (N58° - N72°), E - O (N83°); e NNO - SSE (162° - 167°) ad inclinazione e persistenza elevate (Fig. 15, stazioni S9 e S10), dall'acclività dell'antico pendio, che è possibile ritenere superiore all'80% e dall'esposizione all'azione del moto ondoso. L'originario ciglio di distacco presenta riattivazioni nella zona occidentale che, in passato, hanno richiesto la costruzione di opere a difesa della stazione ferroviaria di Manarola (Fig. 16).

A Est della precedente, la frana di Via dell'Amore (Terranova, 1984 e 1987), il cui ciglio raggiunge la quota di 200 m, interessa la zona di cerniera della piega cui si è fatto cenno in precedenza (Fig 17).

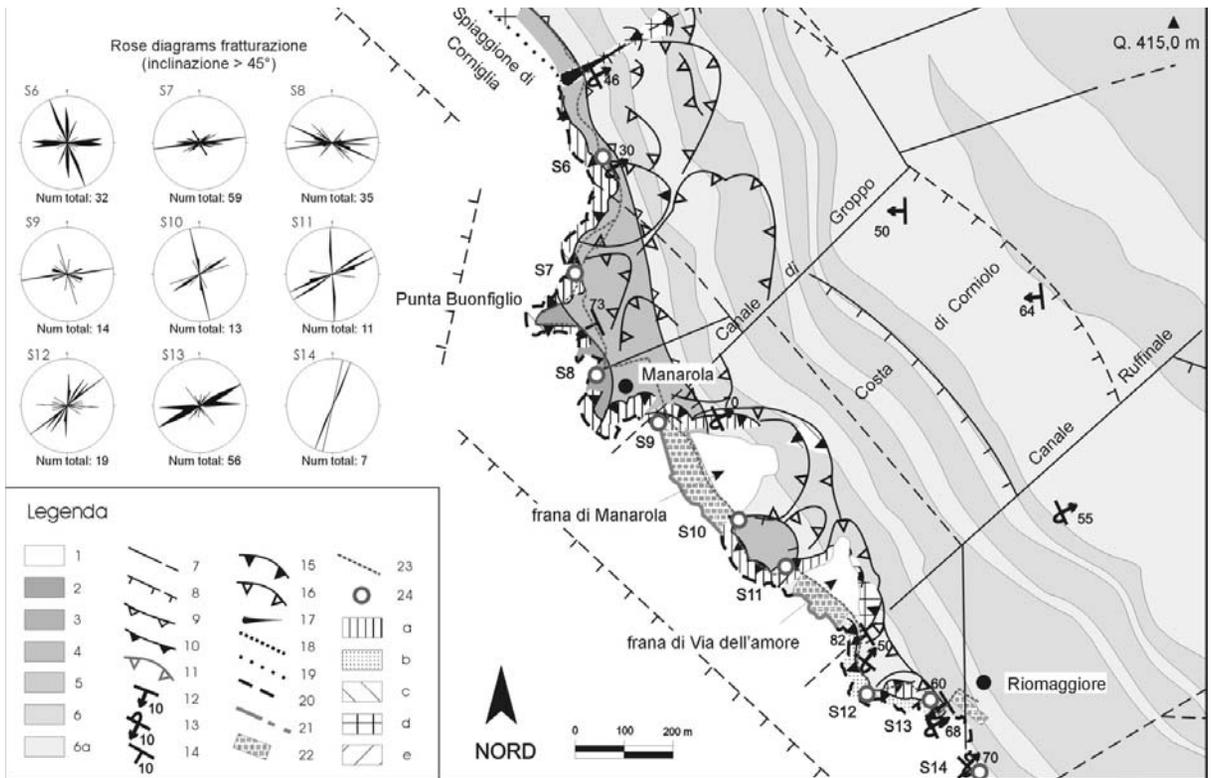


Figura 15 - Carta dei fenomeni d'instabilità costieri delle Cinque Terre fra Manarola e Riomaggiore.

Legenda: 1: depositi quaternari; 2: Arenarie di Ponte Bratica; 3: Calcari di Groppo del Vescovo; 4: Argille e Calcari di Canetolo; 5: Marne del Torrente Pignone; 6: Macigno; 6a: litofacies delle Arenarie Zonate; 7: lineamenti tettonici; 8: faglie dirette; 9: faglie inverse; 10: sovrascorrimenti; 11: limiti di faccette triangolari; 12: strati diritti; 13: strati rovesciati; 14: strati a polarità incerta; 15: cigli attivi; 16 cigli quiescenti; 17: direzione dei movimenti; 18: litorale sabbioso; 19: litorale ciottoloso o a blocchi; 20: litorale roccioso; 21: difese aderenti in buono/pessimo stato; 22: rilevato ferroviario; 23: sentiero di collegamento dei borghi delle 5 Terre; 24: stazione di rilievo strutturale. Classificazione frane (da Varnes, 1978) - In roccia: a: crollo; b: ribaltamento; c: scivolamento traslazionale; d: complessa. In detrito: e: colata. (La legenda è comune a tutte le carte dei fenomeni d'instabilità costieri).

La frana è il risultato di diversi tipi di rotture, riconducibili a scivolamenti traslazionali, ribaltamenti e crolli causati dall'interazione fra le giaciture di strato (altamente variabili) ed i principali sets di fratture, orientati N - S (N177° - N3°), ENE - OSO (N54° - N68°) ed E - O (N87° - N97°) (Fig. 15, stazioni S11, S12 e S13). Alla base del pendio poderosi muraglioni e scogliere proteggono la galleria ferroviaria fra le stazioni di Manarola e Riomaggiore. Recentemente sono stati portati a termine una serie di interventi attivi e passivi (ancoraggi, reti di protezione, barriere paramassi ed una galleria artificiale) finalizzati a garantire la fruibilità in sicurezza della Via dell'amore, più volte chiusa, in passato, a causa delle frequenti riattivazioni della frana. A breve distanza dalla precedente, in prossimità di Riomaggiore, ricorrenti fenomeni di crollo, ancora in corrispondenza della zona di cerniera della piega, hanno richiesto la realizzazione di altri interventi a difesa del percorso pedonale.

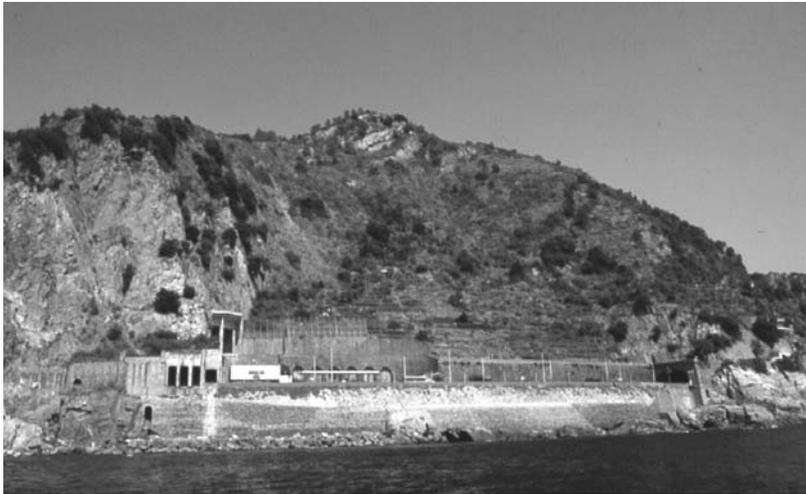


Figura 16 - Paleofrana di Manarola.

Conclusioni

Lo studio effettuato fornisce, attraverso la rappresentazione cartografica riportata nelle Figure 3, 7, 11 e 15, un quadro completo ed aggiornato dell'ubicazione e della tipologia dei fenomeni di instabilità che interessano il tratto costiero delle Cinque Terre, e dei loro rapporti con l'assetto geologico-strutturale e con le principali opere di difesa a mare. Tali fenomeni possono essere considerati espressione dell'elevata instabilità morfologica dell'area, dovuta, in primo luogo, all'elevata energia del rilievo ed alle conseguenze dell'erosione marina, determinate (nel primo caso) o favorite (nel secondo caso) dall'assetto tettonico post-pleiocenico che, attraverso, sistemi di faglie dirette in direzione "appenninica", ha causato lo sprofondamento del margine continentale.

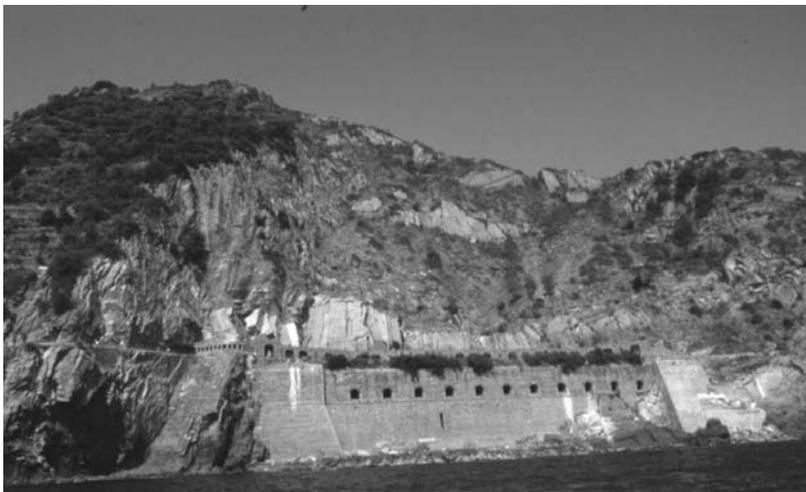


Figura 17 - Frana di Via dell'Amore.

La presenza di vallette in posizione sospesa rispetto all'attuale livello marino e l'ampia diffusione dei fenomeni di instabilità, sia antichi che recenti, testimoniano, come in altri casi nel levante ligure, il carattere giovanile di questo tratto costiero, lungo il quale risulta, spesso, problematica la distinzione fra gli effetti dovuti alla tettonica plio-quadernaria e quelli legati alle variazioni eustatiche quadernarie.

I fenomeni di instabilità, di età ed estensione assai varia, costituiscono, assieme alle modificazioni apportate con il terrazzamento agli accumuli più antichi, l'elemento più caratteristico del paesaggio della costa delle Cinque Terre. Le tipologie riscontrate sono estremamente varie e dipendono, in prevalenza, dai vari meccanismi di interazione fra erosione marina (attuale e progressiva), assetto strutturale, condizioni di fratturazione degli ammassi rocciosi e loro caratteristiche di resistenza e deformabilità. Lungo le falesie, attualmente, prevalgono fenomeni di crollo e scivolamenti traslazionali. Significative appaiono, in molti casi, le interazioni fra fenomeni di instabilità, dinamica del litorale ed attività antropiche. Le paleofrane di maggiore estensione, i cui corpi detritici sono stati, nella maggior parte dei casi (Macereto, Rodalabìa, Manarola), anticamente terrazzati, dalla seconda metà dell'800 sono attraversati al piede dalla ferrovia del litorale ligure, tutt'oggi in attività. Ciò ha comportato la realizzazione di numerose opere di difesa che, se da un lato hanno notevolmente migliorato la stabilità degli accumuli, dall'altro, impedendo il naturale rifornimento di detriti alle, seppure rare, spiagge della zona, ne stanno determinando la progressiva erosione. Un'eccezione, in questo senso, è rappresentata dal potente accumulo della frana di Guvano, dove l'abbandono della sede ferroviaria, realizzata al piede, e delle relative opere di difesa a mare, ne rende possibile, allo stato attuale, l'erosione da parte del moto ondoso. Agli effetti indotti dalle opere connesse alla difesa della linea ferroviaria vanno aggiunti quelli degli interventi, assai più recenti e tutt'ora in corso di realizzazione, finalizzati alla messa in sicurezza dei percorsi escursionistici che interessano, pressoché nella sua totalità, il tratto fra Corniglia e Riomaggiore. In questo caso non deve essere sottovalutato il fatto che le opere di difesa attive e passive (ancoraggi, reti di protezione, barriere paramassi e gallerie artificiali), già realizzate o in via di esecuzione, determinerà una ulteriore riduzione degli apporti detritici che dai versanti raggiungono il mare con conseguenze negative sull'alimentazione delle spiagge della zona. Vi sono, inoltre, da considerare gli effetti dell'impatto di tali opere sotto il profilo paesaggistico. La gestione del problema risulta assai delicata poiché l'area è interessata, da diversi anni, da una crescente pressione turistica cui sono legate le attività economiche dell'area.

Bibliografia

- AA.VV. (1983) - *Neotectonic map of Italy*. C.N.R. Progetto finalizzato Geodinamica. Sottoprogetto Neotettonica.
- Abbate E. (1969) - *Geologia delle Cinque Terre e dell'entroterra di Levante (Liguria Orientale)*. Mem. Soc. Geol. It., 8: 923-1014.
- Brandolini P. e Terranova R. (1995) - *Esempi di dissesti geomorfologici dei versanti liguri e loro riflessi sulla conservazione del suolo*. Mem. Accad. Lunig. di Scienze "G. Capellini", LXIV-LXV (1994-1995) - Scienze naturali fisiche e matematiche.
- Cevasco A., Ferrari M., Fierro G. e Nosengo S. (2000) - *Fenomeni d'instabilità della costa alta e rocciosa fra Riva Trigoso e Framura (Liguria Orientale): risultati preliminari*. Studi costieri, 3 (2000): 71-83.
- Corradi N., Fanucci F., Fierro G., Firpo M., Mirabile L. e Piccazzo M. (1984) - *La piattaforma continentale ligure: caratteri, struttura ed evoluzione*. Rapporto tecnico finale del Progetto finalizzato "Oceanografia e fondi marini", C.N.R., Roma, pp. 34.
- De Stefanis A., Marini M., Terranova R. e De Luigi G. (1978) - *I movimenti franosi di Guvano e Rodalabìa nelle Cinque Terre e i loro riflessi sulla morfologia della costa ligure e sugli insediamenti*. Mem. Soc. Geol. It., 19: 161-167.
- De Stefanis A., Marini M. e Terranova R. (1985) - *Indagini geologiche e geomorfologiche in Liguria con particolare riguardo alle condizioni di franosità*. Memoria riepilogativa della U.O. 37. C.N.R., P.F. Conservazione del Suolo, Sottoprogetto Fenomeni Franosi. "Geologia Applicata e Idrogeologia", XVIII, 3: 1-15.
- Fanucci F. e Nosengo S. (1978) - *Rapporti fra la neotettonica del versante marittimo dell'Appennino Ligure e del margine continentale e fenomeni morfogenetici*. Boll. Soc. Geol. It., 96: 41-51
- Federici F. (1980) - *Note illustrative della neotettonica del foglio 95 - La Spezia e del margine del foglio 84 - Pontremoli*. C.N.R., Progetto finalizzato Geodinamica, 356: 1345-1364.

- Federici P.R. e Raggi G. (1979) - *Rapporto preliminare sulla neotettonica del Foglio 95 (La Spezia)*. C.N.R., P.F. Geodinamica, Contributi preliminari alla carta neotettonica d'Italia. AB 3, Pubbl. n. 251: 597-602.
- Federici P.R., Baldacci F., Petresi A. e Serani A. (2001) - *Atlante dei Centri Abitati Instabili della Liguria*. I. Provincia della Spezia. C.N.R. G.N.D.C.I, Regione Liguria, Università degli Studi di Pisa.
- Giammarino S. e Giglia G. (1990) - *Gli elementi strutturali della piega di La Spezia nel contesto geodinamico dell'Appennino Settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It., 109: 683-692.
- Guidoni G. (1854) - *Cenni sulla Lavina o frana di Corniglia ed il curioso sollevamento di una scogliera marina di fronte alla Lavina stessa*. La Spezia, 1854.
- Guidoni G. (1902) - *Una nota inedita sulla lavina di Corniglia*. Tip. Eredi Argiroffo, La Spezia 1902.
- Raggi G. (1985) - *Neotettonica ed evoluzione paleogeografica plio-pleistocenica del bacino del fiume Magra*. Mem. Soc. Geol. It., 30: 35-62.
- Direzione Tecnica Governativa (1880) - *La Ferrovia del Litorale Ligure da Massa al confine francese*. Dal Giornale del Genio Civile - anni 1878-79-80, Roma.
- Servizio Geologico d'Italia (2003) - *Carta geologica d'Italia - Foglio 248 - La Spezia*. Scala 1:50.000.
- Terranova R. (1984) - *Aspetti geomorfologici e geologico-ambientali delle Cinque Terre: rapporti con le opere umane (Liguria Orientale)*. Studi e Ricerche di Geografia, VII, 1: 39-90.
- Terranova R. (1987) - *Guida all'escursione lungo la costa della Liguria orientale (25/6/87)*. Gr. Naz. Geogr. Fis. e Geomorf., Sestri Levante, 22 - 25 giu.1987. Atti della Riunione - Guida alle escursioni. In: Quaderni Ist. Geol. Univ. Genova, 5: 159 - 231.
- Terranova R. (1989) - *Il paesaggio costiero agrario terrazzato delle Cinque Terre in Liguria*. Studi e Ricerche di Geografia, XII, 1: 1-58.
- Varnes D.J. (1978) - *Slope movement type and processes*. In: Schuster R.L. & Krizek R.J. (Eds) "Landslides analysis and control". Transportation Research Board, Special Rept. 176, Nat. Acad. of Sciences, pp. 11-33.
- Zolfanelli C. e Santini V. (1874) - *Guida alle Alpi Apuane*. Multigrafica Ed., Roma 1983.

Ricevuto il 31/05/2007, accettato il 20/08/2007.